

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 39 41 265.2

22 Anmeldetag: 14. 12. 89

43 Offenlegungstag: 20. 6. 91

DE 39 41 265 A 1

71 Anmelder:

Standard Elektrik Lorenz AG, 7000 Stuttgart, DE

72 Erfinder:

Lägler, Manfred, Dipl.-Ing. (TH), 7133 Maulbronn, DE

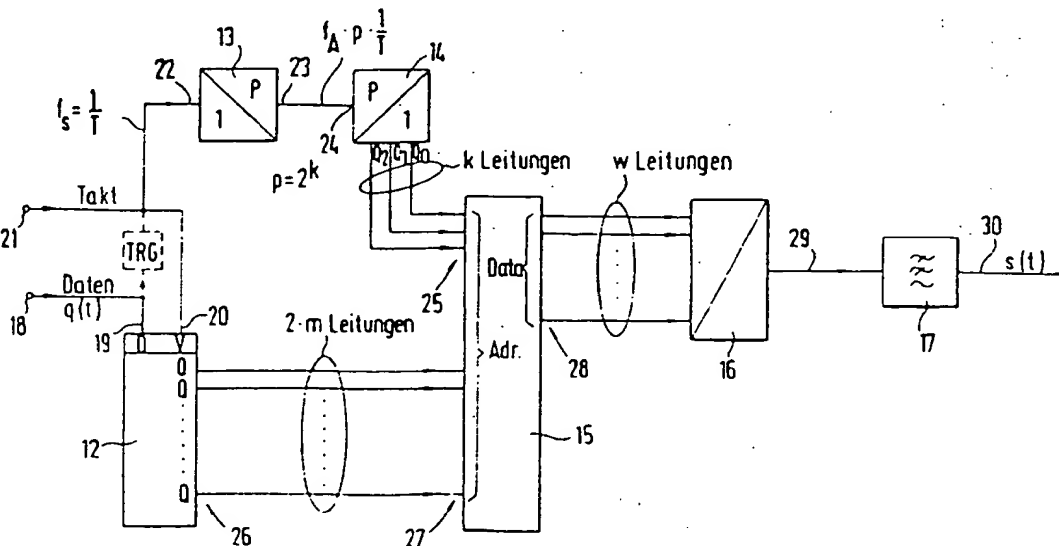
EX  
mit Abt.

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zur Aufbereitung eines Basisbandsignals in einem digitalen Richtfunksystem

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Aufbereitung eines Basisbandsignals, insbesondere in einem digitalen Richtfunksystem, bei dem das aus einer Impulsfolge bestehende Basisbandsignal in ein aus einer entsprechenden Sendegrundimpulsfolge bestehendes Sen-

designal mit bestimmter spektraler Eigenschaft umgesetzt wird. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die Sendegrundimpulse  $g(t)$  aus gespeicherten, digitalen Synthesewerten zusammengesetzt werden.



DE 39 41 265 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Aufbereitung eines Basisbandsignals, insbesondere in einem digitalen Richtfunksystem, bei dem das aus einer Impulsfolge bestehende Basisbandsignal in ein aus einer entsprechenden Sendegrundimpulsfolge bestehendes Sendesignal mit bestimmter spektraler Eigenschaft umgesetzt wird.

In einem digitalen Übertragungssystem, insbesondere in einem Richtfunksystem, wird die Nachricht einer digitalen Quelle (Impulsfolge eines Basisbandsignals) zu einem räumlich entfernten Empfangsort (Nachrichtensenke) übertragen. Hierzu wird im Sender des Richtfunksystems die Impulsfolge des Basisbandsignals in eine entsprechende Sendegrundimpulsfolge eines Sendesignals mit bestimmter spektraler Eigenschaft umgesetzt. Das Basisbandsignal wird vorzugsweise von einer Binärquelle geliefert, die in äquidistanten Zeitabständen Symbole einer zu übertragenden Nachricht abgibt. Diese Symbole können z. B. die Werte "Low" und "High" annehmen, so daß die Impulsfolge des Basisbandsignals eine Rechteckimpulsfolge ist. Diese wird in die Sendegrundimpulsfolge des Sendesignals umgesetzt. Bei den Sendegrundimpulsen handelt es sich bevorzugt um sogenannte si-Impulse bzw. deren Derivate. Es ist Aufgabe des Sendefilters, diese Impulsformung durchzuführen. Es ist bekannt, sogenannten SAW-Filter einzusetzen, die jedoch sehr teuer sind. Ferner können LC-Filter verwendet werden, die jedoch ebenfalls hohe Kosten mit sich bringen, Ungenauigkeiten aufweisen und zu Laufzeitverzerrungen neigen. Stets ist ein Abgleich erforderlich und der Temperaturgang derartiger Filter zu beachten. Die genannten Filter übernehmen eine Formung und eine Bandbegrenzung, wobei letzteres schon aus postalischen Gründen erforderlich ist, um eine Nachbarkanalbeeinflussung zu vermeiden.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Aufbereitung eines Basisbandsignals zu schaffen, das zu einem präzisen, von äußeren Einflüssen im wesentlichen unabhängigen und relativ kostengünstigen Ergebnis führt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Sendegrundimpulse aus gespeicherten, digitalen Synthesewerten zusammengesetzt werden. Das Abrufen und Zusammensetzen der Synthesewerte in Abhängigkeit von der Information des Basisbandsignals führt zu einer Sendegrundimpulsfolge, die eine präzise, vorgebbare Formung und ein exaktes Spektrum aufweist. Erfindungsgemäß wird demnach ein aus dem Stand der Technik bekanntes Filter durch einen digitalen Prozessor (insbesondere Speicher) nachgebildet. Der Aufwand für diese Nachbildung hält sich in überschaubaren Grenzen, wenn nicht beliebig viele, sondern nur eine bestimmte Anzahl von Eingangssignalverläufen verarbeitet werden müssen, so daß die Antworten auf derartiger Eingangssignale schon vorher berechnet und dann abgespeichert werden können.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Sendegrundimpulse Nyquistimpulse sind. Im Gegensatz zu den Basisbandimpulsen beeinflussen sich benachbarte Sendegrundimpulse durch die auftretende Impulsverbreiterung, welche durch Vorläufer und Nachläufer gekennzeichnet ist. Man spricht von einer Impulsinterferenz. Vorteilhaft ist es, wenn die Vorläufer und Nachläufer benachbarter Impulse zu gleichen Zeitpunkten gerade Nulldurchgänge besitzen. Hierdurch ist die erste Nyquist-Bedingung erfüllt, die beim si-Impuls gegeben ist.

Nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, ist der jedem Basisbandimpuls zugeordnete Nyquistimpuls breitenbegrenzt. Die Breitenbegrenzung beträgt insbesondere ein Vielfaches der Symboldauer des Basisbandsignals. Diese Begrenzung führt zwar zu einem gewissen Fehler, der eine Abweichung des Spektrums von der Sollform mit sich bringt, hat jedoch den Vorteil, daß die "Reichweite" des Impulsnebensprechens auf ein bestimmtes Intervall beschränkt ist. Ferner wird dadurch der Aufwand für den digitalen Speicher der Synthesewerte erheblich reduziert, so daß eine preiswerte Lösung realisierbar ist.

Wie bereits erwähnt, überlagern sich die von benachbarten Symbolen des Basisbandsignals stammenden Sendegrundimpulse, wobei diese Überlagerung bei der Zusammensetzung der Synthesewerte beachtet wird.

Die Vor- und Nachläufer finden somit Berücksichtigung.

Die Beschränkung der Sendegrundimpulse erfolgt vorzugsweise derart, daß sie eine Dauer  $t_d = 2 \cdot m \cdot T$  aufweisen, wobei  $m$  eine ganze Zahl und  $T$  die Symboldauer des Basisbandsignals ist. Bei der Zusammensetzung der Synthesewerte werden dann stets  $2 \cdot m$  Symbole des Basisbandsignals berücksichtigt.

Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zur Aufbereitung eines Basisbandsignals, insbesondere in einem digitalen Richtfunksystem, mit einem Basisband-signal-Erzeuger, dessen Basisband-signal-Impulsfolge einer Umsetzeinheit zur Bildung eines Sendegrundimpulsfolge aufweisenden Sendesignals mit bestimmter spektraler Eigenschaft zugeführt wird, wobei die Sendegrundimpulse aus in einem digitalen Speicher abgelegten digitalen Synthesewerten zusammengesetzt werden. Die aus dem Stand der Technik bekannten Filter (SAW-Filter, LC-Filter) werden demgemäß durch einen digitalen, mit Speicher versehenen Prozessor nachgebildet.

Bei der Realisierung wird vorzugsweise ein Schieberegister eingesetzt, dem das Basisbandsignal zugeleitet wird und das eine vorgebbare Anzahl, insbesondere  $2 \cdot m$  Symbole, von einander benachbarten Symbolwerten des Basisbandsignals Adressiereingängen des Speichers zuführt.

Das Schieberegister wird vorzugsweise von der Symbolrate, also dem Kehrwert der Symboldauer, getaktet. Eine spezielle Ausführungsform der Erfindung ist durch eine Wandlerschaltung gekennzeichnet, die die Symbolrate in eine Binärfolge umsetzt und diese weiteren Adressiereingängen des Speichers zuführt. Durch die Binärfolge werden die Speicherwerte mit einem Vielfachen der Symbolrate aus dem Speicher mit einer Abtastfrequenz ausgelesen. Zur Erfüllung des Abtasttheorems ist die Abtastfrequenz mindestens doppelt so groß wie die höchste im Sendesignal enthaltene Frequenz.

Zur Erzeugung des Sendesignals werden die vom Speicher ausgegebenen Datenwörter einem Digital-/Analogwandler zugeleitet. Diesem kann vorzugsweise ein Interpolationsfilter nachgeschaltet sein, um ein zeit- und wertkontinuierliches Analogsignal durch Verschleifen eines vom Digital-/Analog-Wandler gelieferten Treppenstufensignals zu bilden.

Die Zeichnungen veranschaulichen die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und zwar zeigt:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines digitalen Richtfunksystems,

Fig. 2 ein Impuls eines Basisbandsignals, der in einen entsprechenden Sendegrundimpuls mit bestimmter spektraler Eigenschaft umgesetzt wird,

Fig. 3 einen Sendegrundimpuls, der als si-Impuls aus-

gebildet ist,

Fig. 4 die Überlagerung mehrerer Sendegrundimpulse, die die erste Nyquist-Bedingung erfüllen,

Fig. 5 einen Sendegrundimpuls mit Breitenbegrenzung, die ein Vielfaches der Symboldauer  $T$  des Basisbandsignals beträgt,

Fig. 6 eine Impulsfolge des Basisbandsignals,

Fig. 7 die zu der Fig. 6 zugehörige Sendegrundimpulsfolge,

Fig. 8 ein Prinzipschaltbild einer Vorrichtung zur Aufbereitung des Basisbandsignals,

Fig. 9 ein Diagramm, das mehrere, die erste Nyquist-Bedingung erfüllende Signalverläufe mit unterschiedlichen Roll-Off-Faktoren darstellt,

Fig. 10 bis 12 Diagramme von Sendesignalen mit unterschiedlichen Roll-Off-Faktoren von 0,9, 0,5 und 0,1.

Die Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild eines digitalen Übertragungssystems, insbesondere einer Richtfunkstrecke, in allgemeiner Form. Eine digitale Quelle 1 gibt als Nachricht eine Quellensymbolfolge  $Q_i$  ab, die zu einem Quellensignal  $q(t)$  gehört. In der digitalen Richtfunktechnik spricht man von einer digitalen Impulsfolge 2 eines Basisbandsignals 3. Das Basisbandsignal 3 wird einem Sender 4 zugeführt. Das aus der Impulsfolge 2 bestehende Basisbandsignal 3 wird dort in ein aus einer entsprechenden Sendegrundimpulsfolge 5 bestehendes Sendesignal 6 umgesetzt. In allgemeiner Form kann das Sendesignal mit  $s(t)$  bezeichnet werden. Dieses wird über einen Kanal 7 zu einem Empfänger 8 übertragen. Bei der Übertragung treten möglicherweise Störungen auf, die durch das Bezugszeichen 9 angedeutet sind. Eine fehlerfreie Übertragung liegt vor, wenn an der digitalen Senke 10 eine Senkensymbolfolge  $V_i$  vorliegt, die mit der Quellensymbolfolge  $Q_i$  übereinstimmt.

Das Übertragungsmedium kann z. B. ein Kabel, ein Lichtwellenleiter oder — wie erwähnt — eine Richtfunkstrecke sein.

Im folgenden wird von einer digitalen Richtfunkstrecke als Übertragungsmedium ausgegangen. Wichtige Komponenten eines Richtfunksystems sind dann Modulator, Richtfunktaster, Funkfeld, Richtfunkempfänger und Demodulator.

Wie bereits erwähnt, gibt die digitale Quelle 1 die Quellensymbolfolge  $Q_i$  ab, die unterschiedliche Symbolkennzustände aufweist. Allgemein können für die Symbolkennzustände  $s$  Stufen vorgesehen sein, wobei  $s$  vorzugsweise als Potenz von 2 gewählt wird. Im folgenden wird der Einfachheit halber  $s = 2$  angenommen. Es liegt somit eine Binärquelle vor, d. h. die Impulsfolge 2 des Basisbandsignals 3 ist eine Binärfolge 11. Die Binärfolge 11 nimmt die Zustände "High" (+1) und "Low" (-1) an. Die digitale Quelle 1 gibt die Symbole mit ihren beiden Symbolkennzuständen in äquidistanten Zeitabständen an den Sender 4 ab, d. h. die Impulse des Basisbandsignals 3 besitzen eine Symboldauer  $T$ . Der Kehrwert der Symboldauer wird als Symbolrate bezeichnet.

Der Sender 4 hat die Aufgabe, aus der Quellensymbolfolge  $Q_i$  bzw. aus dem Basisbandsignal 3 ein Sendesignal  $s(t)$  bzw. eine der digitalen Impulsfolge 2 des Basisbandsignals 3 entsprechende Sendegrundimpulsfolge zu erzeugen, die die Nachricht der Quelle 1 vollständig beinhaltet und an die Eigenschaft des Kanals 7 und des Empfängers 8 technisch angepaßt ist. Der Sender 4 sorgt außerdem für die Bereitstellung der notwendigen Sende- bzw. Modulationsleistung.

Die Quellensymbolfolge  $Q_i$  kann direkt aus einem Datengenerator, insbesondere einem Basisbandsignal-Erzeuger, stammen, der einen oder — im Falle eines

Quadraturmodulationsverfahrens — zwei Datenströme erzeugt. Auf der linken Seite der Fig. 2 ist ein Impuls des Basisbandsignals 3 dargestellt, der die Symboldauer  $T$  aufweist. Dieser wird in einen entsprechenden Sendegrundimpuls  $g(t)$  umgesetzt, der auf der rechten Seite der Fig. 2 wiedergegeben ist. Dieser weist ein zugehöriges Spektrum auf, das an die Eigenschaften von Übertragungskanal und Empfänger 8 angepaßt sein muß. In der digitalen Richtfunkübertragung wird ein Nyquist-Frequenzgang als Gesamtfrequenzgang vom Sendereingang bis zum Entscheider im Empfänger 8 angestrebt. Ein Nyquist-Frequenzgang weist ein punktsymmetrisches Verhalten seines Betrages bezüglich der sogenannten Nyquist-Frequenz auf. Die Nyquist-Frequenz ist die halbe Symbolrate, also  $1/(2T)$ . Sendegrundimpulse  $g(t)$ , die einen Nyquist-Frequenzgang haben, werden als Nyquist-Impulse bezeichnet. Alle Nyquist-Impulse haben Nullstellen bei  $t = n \cdot T$ , wobei  $n$  ganzzahlig und ungleich von Null ist. Dieses ist die sogenannte erste Nyquist-Bedingung. Die Nyquist-Impulse sind somit impulsinterferenzfrei und erzeugen am Entscheider des Empfängers 8 ein vollständig geöffnetes Auge. Insbesondere kommen sogenannte si-Impulse zum Einsatz. Ein derartiger si-Impuls ist in der Fig. 3 dargestellt. Er besitzt die Funktion

$$si(x) = \frac{\sin x}{x}$$

Wie bereits angedeutet, stellt sich die Aufgabe, einen Frequenzgang zu erzeugen, der zum einen das Sendesignal  $s(t)$  spektral so formt, daß es die jeweils gestellten Anforderungen des Übertragungskanals erfüllt und zum anderen zusammen mit dem Empfängerfrequenzgang einen Nyquist-Frequenzgang bildet. Es ist bekannt, ein Basisbandsignal 3 mittels eines SAW-Filters oder eines LC-Filters in ein Sendesignal umzuwandeln. Erfindungsgemäß wird ein anderer Weg beschritten, indem die Impulsantwort dieser bekannten analogen Filter durch einen digitalen Prozessor durch Zusammensetzen von gespeicherten Synthesewerten nachgebildet wird. Dabei werden einerseits die unterschiedliche Gewichtung (High, Low) und andererseits die bereits eingangs erwähnten Vorläufer und Nachläufer aufgrund der sich einstellenden Impulsverbreiterung beim Sendegrundimpuls  $g(t)$  gegenüber einem Impuls des Basisbandsignals 3 berücksichtigt (Impulsinterferenz).

Die Fig. 4 verdeutlicht nochmals die erste Nyquistbedingung. Sie zeigt, daß sich von benachbarten Impulsen des Basisbandsignals 3 stammende Sendegrundimpulse  $g(t)$ , insbesondere si-Impulse, gegenseitig beeinflussen, wobei mit Pfeilen gekennzeichnete gemeinsame Nulldurchgänge vorliegen, so daß die erste Nyquistbedingung erfüllt ist. Der Nyquist-Frequenzgang wird in einem digitalen Richtfunksystem im allgemeinen zwischen Sender und Empfänger aufgeteilt. Dieses häufig zur Hälfte. Möglich ist, daß das Spektrum des Sendegrundimpuls'  $g(t)$  einen Wurzel-Nyquist-Verlauf hat. Allerdings liegen die Nulldurchgänge dann nicht mehr bei  $n \cdot T$ , so daß sich benachbarte Impulse beeinflussen (Impulsnebensprechen) und das Auge von  $s(t)$  sich nicht mehr voll öffnet. Im nachfolgenden wird der Einfachheit halber davon ausgegangen, daß die gesamte Nyquist-Impulsformung im Sender durchgeführt wird.

Wie bereits ausgeführt, weisen die Impulse des Basisbandsignals 3 eine Symboldauer  $T$  auf. Ihre Amplitude beträgt entweder "+1" oder "-1". Der zugehörige Nyquist-Grundimpuls  $g(t)$  klingt — gemäß Fig. 5 — erst im

Unendlichen ab (gestrichelter Verlauf). Jeder durch den zugehörigen Basisbandimpuls gewichtete Sendegrundimpuls  $g(t)$  einer Impulsfolge beeinflußt somit z. B. an der Stelle  $t = x$  den Verlauf des Sendesignals  $s(t)$  an jeder anderen Stelle, z. B.  $t = y$ . Es ist nun vorgesehen, daß — gemäß Fig. 5 — der Sendegrundimpuls  $g(t)$  auf eine endliche Länge der Dauer  $t_d = 2 \cdot m \cdot T$  begrenzt wird. Mit  $m$  ist eine ganze Zahl bezeichnet. Der Impuls ist somit nur in dem Intervall  $-m \cdot T < t < +m \cdot T$  vorhanden. Insgesamt führt dieses zu einem Fehler, jedoch hat man den Vorteil, daß sich die "Reichweite" des Impulsnebensprechens auf  $\pm m \cdot T$  beschränkt. Je größer  $m$  gewählt wird, und je schneller der Sendegrundimpuls  $g(t)$  abklingt, desto besser ist die Approximation an einen unendlichen Impuls und desto geringer werden die Abweichungen des Spektrums des Sendesignals  $s(t)$  vom Sollwert. In der Fig. 5 ist der Sendegrundimpuls  $g(t)$  auf  $4 \cdot T$  begrenzt.

Die Fig. 6 zeigt eine Impulsfolge 2 eines Basisbandsignals 3 (Quellensignal  $q(t)$ ). Die Fig. 7 gibt die zugehörige Sendegrundimpulsfolge 5 (Sendesignal  $s(t)$ ) wieder, die aus gewichteten, auf  $4 \cdot T$  begrenzten Sendegrundimpulsen  $g(t)$  besteht. Hierbei wird die gegenseitige Überlagerung deutlich, wobei jedoch die erste Nyquistbedingung erfüllt ist. Betrachtet man z. B. den Zeitpunkt  $t = t_0$ , so gilt für das Sendesignal

$$s(t = t_0) =$$

$$\begin{aligned} & Q_{i-1} \cdot g(t = t_0 + T) \\ & + Q_i \cdot g(t = t_0) \\ & + Q_{i+1} \cdot g(t = t_0 - T) \\ & + Q_{i+2} \cdot g(t = t_0 - 2T). \end{aligned}$$

Die einander zugeordneten Impulse der Fig. 6 und 7 sind mit gleichen römischen Ziffern (I bis VI) gekennzeichnet. Die aus der Fig. 7 ersichtliche Überlagerung aufeinanderfolgender Impulse würde in einem aus dem Stand der Technik bekannten analogen Filter von sich aus erfolgen. Erfindungsgemäß wird diese Überlagerung ebenfalls berücksichtigt, indem die Sendegrundimpulse  $g(t)$  aus gespeicherten, digitalen Synthesewerten zusammengesetzt und bei dieser Zusammensetzung die Überlagerung berücksichtigt wird.

Im nachfolgenden soll auf eine in der Fig. 8 wiedergegebene Vorrichtung zur Aufbereitung eines Basisbandsignals 3 eingegangen werden. Es ist ein Blockschaltbild gezeigt, das ein Schieberegister 12, einen Frequenzvervielfacher 13, einen Frequenzteiler 14, einen digitalen Speicher 15, einen Digital/Analog-Wandler 16 und ein Interpolationsfilter 17 aufweist. Ein Anschluß 18 steht mit einem Eingang 19 des Schieberegisters 12 in Verbindung. Ein weiterer Eingang 20 des Schieberegisters 12 ist zu einem Anschluß 21 geführt, der gleichzeitig zu einem Eingang 22 des Frequenzvervielfachers 13 führt. Der Ausgang 23 des Frequenzvervielfachers 13 steht mit einem Eingang 24 des Frequenzteilers 14 in Verbindung, von dem  $k$ -Leitungen zu Adressiereingängen 25 des digitalen Speichers 15 führen. Ausgänge 26 des Schieberegisters 12 sind über  $2 \cdot m$ -Leitungen mit Adressiereingängen 27 des digitalen Speichers 15 verbunden. Dessen Datenausgänge 28 führen über  $w$ -Leitungen zum Digital/Analog-Wandler 16, dessen Ausgang 29 mit dem Interpolationsfilter 17 verbunden ist. Am Ausgang 30 des Interpolationsfilters 17 steht das Sendesignal  $s(t)$  zur Verfügung.

Die in der Fig. 8 wiedergegebene Schaltungsanordnung hat folgende Funktionsweise:

Die Impulsfolge 2 des Basisbandsignals 3 wird an den Anschluß 18 gelegt und somit dem Schieberegister 12 zugeführt. Der Takt (Symboldauer  $T$  bzw. Symbolrate  $1/T$ ) des Basisbandsignals 3 liegt am Anschluß 21 an und steht somit dem Frequenzvervielfacher 13 zur Verfügung. Falls der Symboltakt nicht explizit vorliegt, kann eine Taktrückgewinnungseinrichtung TRG verwendet werden, die in der Fig. 8 mit gestrichelter Linie eingezeichnet ist.

Da — wie bereits ausgeführt — zur erfindungsgemäßen Synthese des Sendesignals  $s(t)$  nicht unendlich viele, sondern — gemäß dem gewählten Ausführungsbeispiel — z. B. nur  $2 \cdot m$ -Symbole gleichzeitig berücksichtigt werden, wird diese Anzahl in das Schieberegister 12 eingegeben. Dieses besitzt deshalb eine Länge von  $2 \cdot m$ . Die  $2 \cdot m$ -Schieberegister-Ausgänge (Ausgänge 26) führen über die  $2 \cdot m$ -Leitungen zum digitalen Speicher 15, der als RAM, ROM oder PROM ausgebildet ist und eine Wortbreite  $w$  aufweist. Im digitalen Speicher 15 ist das Sendesignal  $s(t)$  digital, also in Form von Zahlenwerten gespeichert, welche schon im voraus berechnet und in den Speicher 15 übertragen wurden. Mittels des Frequenzvervielfachers 13 und des Frequenzteilers 14 wird auf den  $k$ -Leitungen eine Binärfolge erzeugt. Zur Erfüllung des Abtasttheorems ist eine Mindestanzahl  $p$  von Zahlenwerten pro Symboldauer  $T$  notwendig. Die Abtastfrequenz  $f_A = p/T$  muß mindestens doppelt so hoch sein, wie die höchste im Sendesignal  $s(t)$  enthaltene Frequenz. Bei der Nyquist-Filterung ist die höchste Frequenz vom sogenannten Roll-Off-Faktor  $r$  abhängig und berechnet sich zu:

$$f_{\max} = (1 + r)/2 \times T \quad (0 < r < 1)$$

Es wird z. B.  $f_{\max} = 1/T = \text{Symbolrate}$  für  $r = 1$ . In diesem Falle müßte  $p \geq 2$  gewählt werden.

Obwohl  $p$  beliebig sein darf, so lange nur das Abtasttheorem nicht verletzt wird, wird hier — der Einfachheit halber — eine Zweierpotenz gewählt:

$$p = 2^k \text{ mit } (k = 1, 2, 3, \dots).$$

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 8 ist  $k = 3$ .

Die Abtastfrequenz  $f_A$  wird somit die achtfache Symbolrate aufweisen. Bevorzugt wird hierzu eine PLL-Einrichtung benutzt. Die Abtastfrequenz  $f_A$  wird als die bereits erwähnte Binärfolge den Adressiereingängen 25 des digitalen Speichers 15 zugeleitet. Entsprechend den eingegebenen Daten gibt somit der digitale Speicher 15 auf den  $w$ -Leitungen Datenwörter aus, die zum Digital/Analog-Wandler 16 gelangen, an dessen Ausgang ein treppenförmiges Signal zur Verfügung steht, das vom nachfolgenden Interpolationsfilter 17 zu einem zeit- und wertkontinuierlichen Analogsignal verschliffen wird. Das Interpolationsfilter 17 kann z. B. ein LC-Tiefpaß sein. Seine Durchlaßgrenzfrequenz muß größer als  $f_{\max}$  sein, seine Sperrfrequenz muß unterhalb der Abtastfrequenz  $f_A$  liegen. Die Sperrdämpfung richtet sich nach den jeweiligen Toleranzschemen für Außerbandstörungen. Bevorzugt steht an den  $w$ -Leitungen ein Byte und somit 256 Amplitudenschritte zur Verfügung.

Der Erfindung liegt daher die Überlegung zugrunde, daß die zu einer Eingangsfunktion (Quellensignal  $q(t)$ ) zugehörige Ausgangsfunktion (Sendesignal  $s(t)$ ) mittels eines digitalen Prozessors durch Zusammensetzung von Synthesewerten erzeugt wird, wobei vorzugsweise nicht eine unendliche Vielfalt von Eingangssignalen verarbeitet werden muß, sondern aufgrund der Breitenbe-

grenzung nur eine endliche Anzahl von Eingangssignalen zu berücksichtigen sind. Zu dieser endlichen Anzahl gehört eine endliche Anzahl von Ausgangsfunktionen, die sich schon a priori berechnen und in dem digitalen Speicher 15 auf Abruf bereithalten lassen. Ein aus dem Stand der Technik bekanntes Filter, gleich ob digital oder analog realisiert, würde zu jeder beliebigen Eingangsfunktion die zugehörige Ausgangsfunktion als Faltungsprodukt mit der Impulsantwort liefern. Dies ist aber unter den oben genannten Einschränkungen bei dem Erfindungsgegenstand gar nicht notwendig, wobei der durch die Breitenbegrenzung auftretende Fehler von der Impulsdauer, also vom Faktor  $2T \cdot m$ , dem gewünschten Roll-Off-Faktor  $r$  und dem gewünschten Aufteilungsverhältnis des Gesamtfrequenzganges und von der gewünschten Stufenanzahl  $s$  abhängt. Im Spektrum macht sich der Approximationsfehler als Spektrumsstörung im Bereich der Symbolrate bemerkbar. Im Ausführungsbeispiel werden Impulse der Dauer  $4T \cdot T$  erzeugt. Wird  $k$  beispielsweise  $= 4$  gesetzt, so stehen 16 Abtastwerte pro Symbol zur Verfügung. Sofern Quadraturmodulation (QPSK) erzeugt werden soll, ist eine Schaltung mit zwei identischen Anordnungen gemäß Fig. 8 erforderlich. Der Einfluß des Roll-Off-Faktors  $r$  ist aus den Fig. 9 bis 12 ersichtlich.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufbereitung eines Basisbandsignals, insbesondere in einem digitalen Richtfunksystem, bei dem das aus einer Impulsfolge bestehende Basisbandsignal in ein aus einer entsprechenden Sendegrundimpulsfolge bestehendes Sendesignal mit bestimmter spektraler Eigenschaft umgesetzt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendegrundimpulse ( $g(t)$ ) aus gespeicherten, digitalen Synthesewerten zusammengesetzt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendegrundimpulse ( $g(t)$ ) Nyquistimpulse, oder Teil-Nyquist-Impulse, insbesondere Wurzel-Nyquist-Impulse, sind.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der jedem Basisbandimpuls zugeordnete Nyquistimpuls zeitlich begrenzt ist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zeitliche Begrenzung ein Vielfaches der Symboldauer ( $T$ ) des Basisbandsignals (3) ist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die von benachbarten Symbolen des Basisbandsignals (3) stammenden Sendegrundimpulse ( $g(t)$ ) einander überlagern, und daß bei der Zusammensetzung der Synthesewerte diese Überlagerung berücksichtigt ist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendegrundimpulse ( $g(t)$ ) die Dauer  $t_d = 2 \cdot m \cdot T$  aufweisen, wobei  $m$  eine ganze Zahl ist und daß bei der Zusammensetzung der Synthesewerte stets  $2 \cdot m$  Symbole des Basisbandsignals (3) berücksichtigt werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Impulsfolge des Basisbandsignals (3) eine Binärfolge ist.
8. Vorrichtung zur Aufbereitung eines Basisbandsignals, insbesondere in einem digitalen Richtfunksystem,

mit einem Basisbandsignal-Erzeuger, dessen Basisbandsignal-Impulsfolge einer Umsetzeinheit zur Bildung eines Grundimpulsfolgen aufweisenden Sendesignals mit bestimmter spektraler Eigenschaft zugeführt wird, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendegrundimpulse ( $g(t)$ ) aus in einem digitalen Speicher (15) abgelegten digitalen Synthesewerten zusammengesetzt werden.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Basisbandsignal einem Schieberegister (12) zugeleitet wird, das eine vorgebare Anzahl von einander benachbarten Symbolwerten des Basisbandsignals (3) Adressiereingängen (27) des Speichers (15) zuführt.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Schieberegister (12) von der Symbolrate ( $1/T$ ) des Basisbandsignals (3) getaktet wird.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Wandler-schaltung, die die Symbolrate ( $1/T$ ) in eine Binärfolge umsetzt und diese weiteren Adressiereingängen (25) des Speichers (15) zuführt.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Binärfolge (11) die Synthesewerte mit einem Vielfachen der Symbolrate ( $1/T$ ) aus dem Speicher (15) mit einer Abtastfrequenz ( $f_A$ ) ausgelesen werden.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastfrequenz ( $f_A$ ) mindestens doppelt so groß ist, wie die höchste im Sendesignal ( $s(t)$ ) enthaltene Frequenz.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Speicher (15) Datenwörter ( $w$ ) ausgibt, die einem Digital/Analog-Wandler (16) zugeleitet werden.

15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem Digital/Analog-Wandler (16) ein Interpolationsfilter (17) nachgeschaltet ist zur Bildung eines zeit- und wertkontinuierlichen Analogsignals (Sendesignal  $s(t)$ ) durch Verschleifen eines vom Digital/Analog-Wandler (16) gelieferten Treppenfrequenzsignals.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

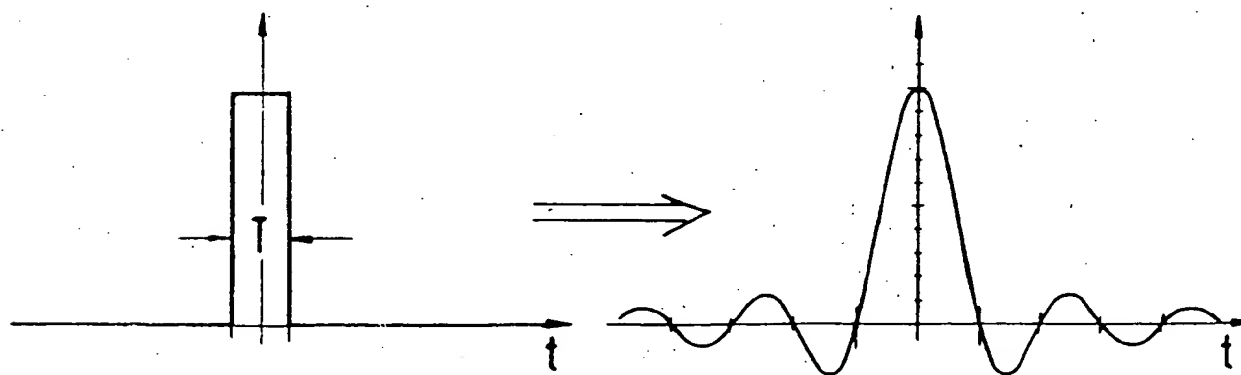
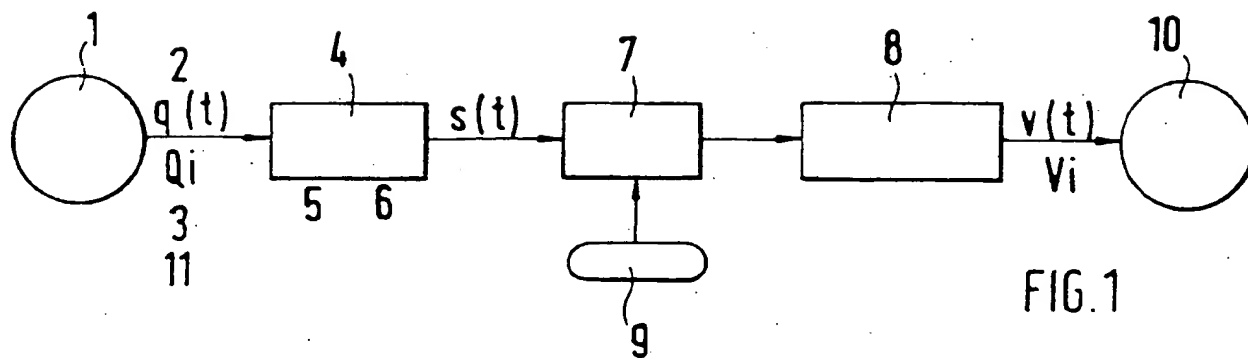
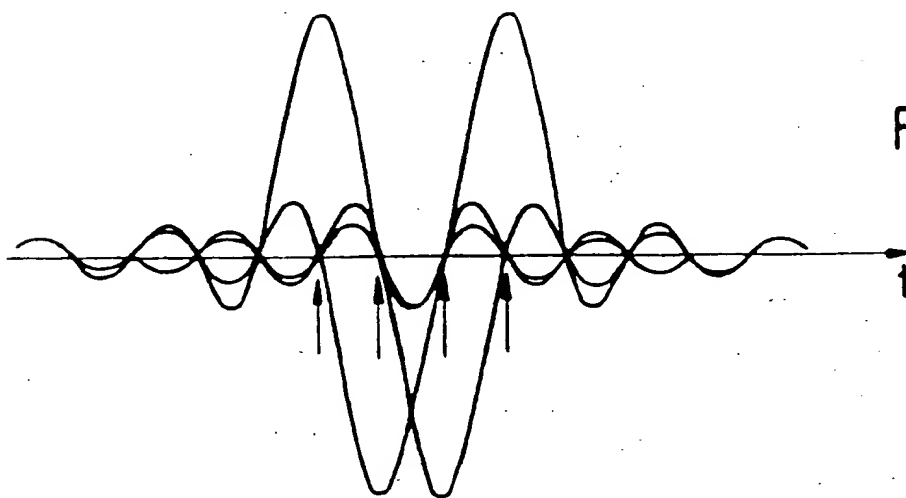
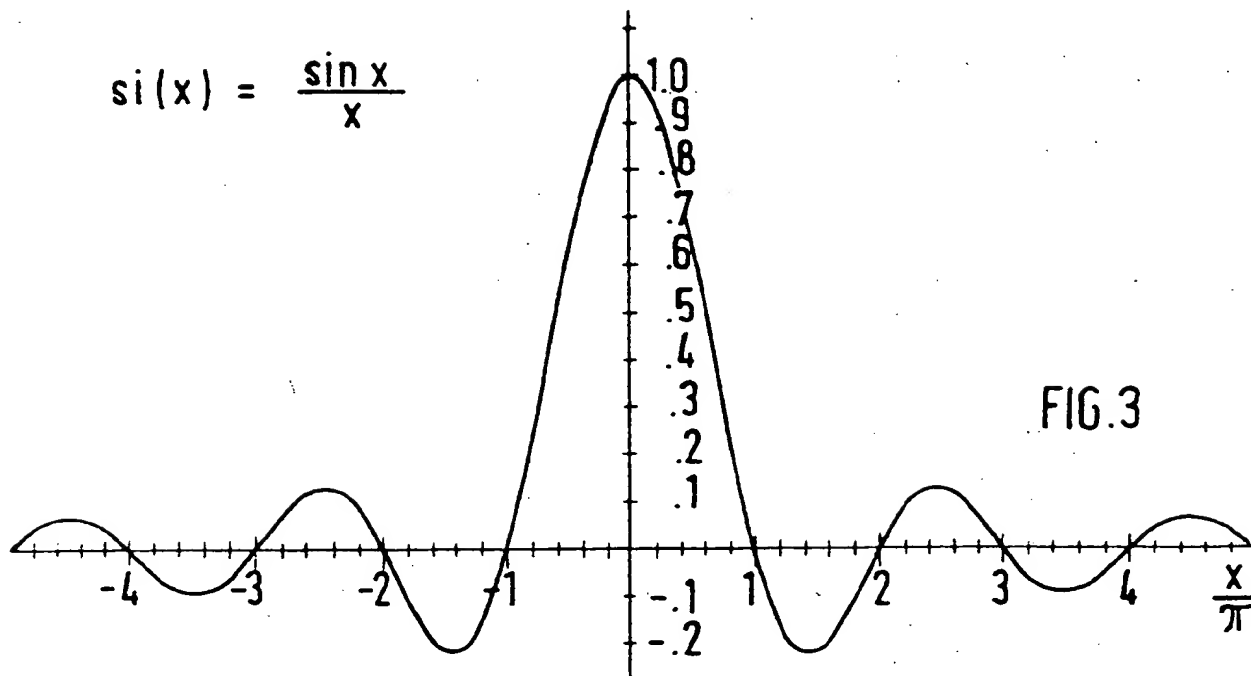
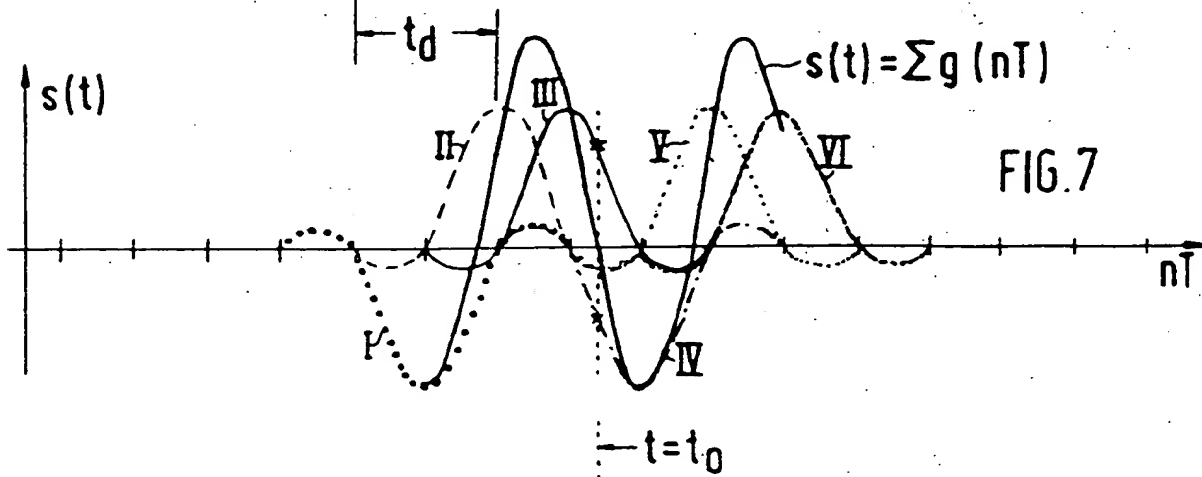
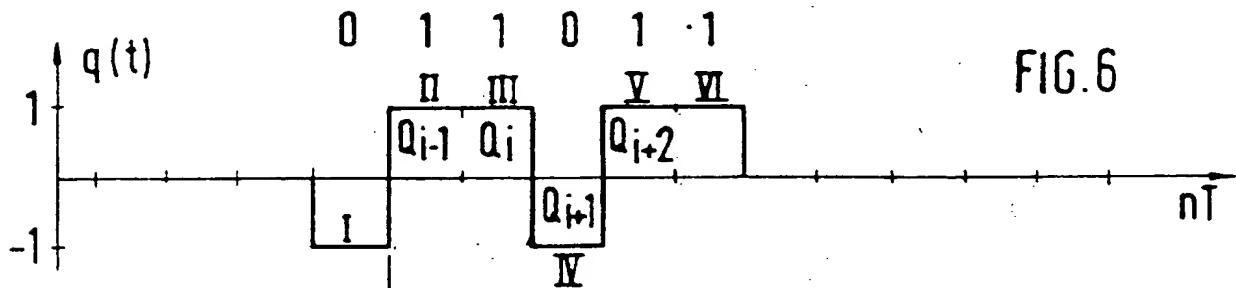
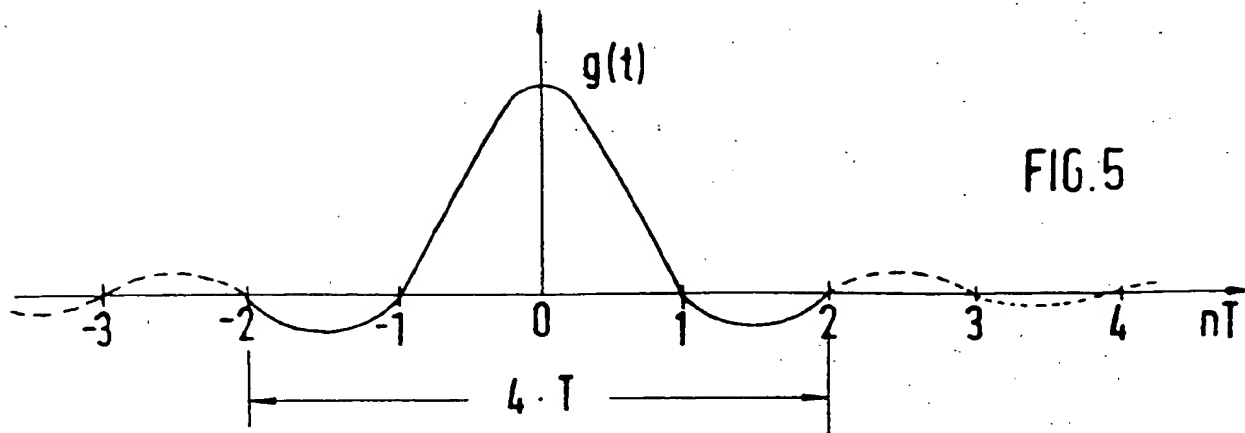


FIG. 2

$$si(x) = \frac{\sin x}{x}$$







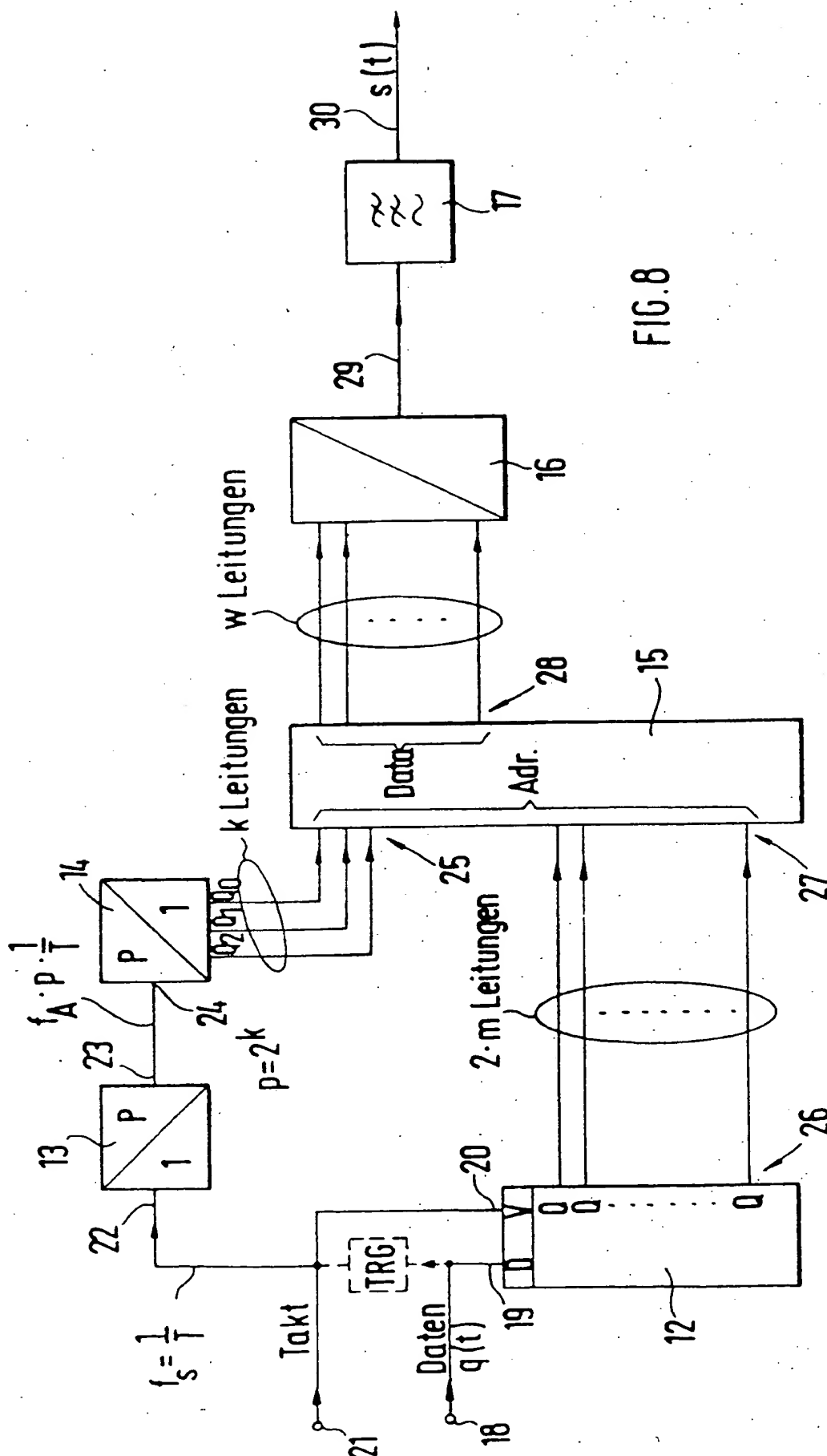


FIG. 8

